

**А. А. Илларионова**

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,  
г. Екатеринбург

*\*illarionovag@mail.ru*

Научный руководитель – доц., канд. техн. наук *А. Г. Илларионов\**

## ТИТАН И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬНЫХ И АРХИТЕКТУРНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Рассмотрены преимущества титана для использования в строительстве и архитектуре сооружений и примеры построенных с использованием титана зданий и монументов.

*Ключевые слова:* титановые сплавы, свойства, строительство, архитектура, применение.

**А. А. Illarionova**

## TITAN AND ITS APPLICATION IN BUILDING AND ARCHITECTURAL CONSTRUCTIONS

The advantages of titanium for use in construction and architecture of structures and examples of buildings and monuments constructed with use titanium are considered.

*Keywords:* titanium alloys, properties, construction, architecture, application.

Титан и его сплавы уже более сорока лет являются объектом пристального внимания материаловедов, конструкторов, архитекторов с точки зрения возможностей использования в различных видах строительных конструкций и монументальных сооружений [1–7]. Такое внимание к титану связано с наличием ряда уникальных свойств (удельная прочность, коррозионная стойкость) по которым он превосходит другие металлические материалы (чистые металлы и сплавы на основе железа, алюминия, меди, никеля, цинка и других), используемые в строительных сооружениях. К дополнительным преимуществам титана и его сплавов можно добавить возможность создания широкой цветовой палитры поверхности за счет регулирования толщины окисной пленки, в частности, при термическом воздействии (таблица).

Одним из первых титан в количестве 25 тонн был использован в СССР для облицовки 107 метрового монумента покорителям космоса на ВДНХ, воздвигнутого в 1964 году (рис. 1, а).

В настоящее время в мире для строительных сооружений титан и его сплавы наиболее широко используются в Японии, что вызвано в первую

очередь необходимостью применения при строительстве в этом островном государстве материалов коррозионно-стойких в морской воде, а титан по этим показателям существенно превосходит все широко используемые конструкционные металлы. В частности, в 2002 году на архитектурные сооружения в Японии было израсходовано 93 метрические тонны, что составляло 0,6 % всего произведенного титана [2].

Таблица

Окраска образцов технического титана, окисленного при разных температурах в течение часа, и толщина окисной пленки [8]

Температура, °C	Цвет	Толщина окисной пленки, нм
350	светло-желтый	34,4
400	желто-коричневый	43,4
450	коричнево-фиолетовый	45,6
500	фиолетово-синий	51,0
550	голубой	53,6
600	желто-красный	84,2
650	грязно-фиолетовый	204,0
700	серый блестящий	—
750	серый матовый	—
800	светло-серый	—
850	беловатый	—



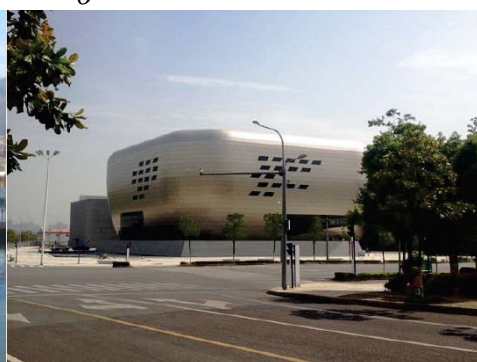
а



б



в



г

Рис.1. Примеры сооружений, в которых использован титан

Из наиболее интересных современных строительных и архитектурных сооружений со значительным объемом использования титана, в первую очередь, как кровельного и облицовочного материала можно назвать следующие:

- музей Гуггенхайма в Бильбао, Испания (1997 г.) в котором для облицовки использовано 24 000 м<sup>2</sup> титана (рис. 1, б) [9];
- национальный музей Кюсю в Фукуоке, Япония (2005 г.) при сооружении которого использовано 80 метрических тонн цветных титановых листов [4]
- национальный театр исполнительских искусств в Пекине (2007 г.) представляющий из себя «яйцевидный» купол, сделанный из стекла и титана, последнего было израсходовано более 100 тонн [5] (рис. 1, в);
- аэропорт в Абу Даби, ОАЭ – при его расширении в начале XXI века было использовано более 680 тонн технического титана;
- мостовой пирс четвертой взлетно-посадочной полосы токийского аэропорта Ханеда, Япония (2010 г.) в его облицовке использовано 1000 тонн технического титана [6];
- музей Wufu в Китае, сооруженный в 2014 году японской корпорацией Nippon Steel & Sumimoto Metals Co. Ltd, в котором основным облицовочным материалом является титан (рис. 1, г) [7].

Надо отметить, что несмотря на долговечность и стойкость титана в качестве внешнего облицовочного элемента строительного сооружения, в процессе длительной эксплуатации могут возникать проблемы изменения его окраски, связанные с процессами атмосферной коррозии. Это в частности произошло с музеем в Бильбао и были проведены научные исследования, направленные на восстановление первоначального внешнего облика [10].

В России и странах СНГ в настоящее время титан и его сплавы в строительстве и архитектуре используются очень ограниченно из-за высокой его стоимости и относительно низкого модуля упругости, последнее приводит к малой удельной жесткости титановых конструкций, уступающей стальным.

В последнее десятилетие работа по увеличению доли титана в строительстве в странах СНГ ведется в следующих направлениях [11]:

- анализ зарубежного опыта использования титана в строительстве;
- разработка общей концепции применения титана в строительстве;
- проведение НИР по возможности применения существующих сплавов в строительстве;
- обеспечение проектных организаций строительной отрасли информацией по титановым сплавам и полуфабрикатам из них.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Применение титана в народном хозяйстве / С. Г. Глазунов [и др.]. Киев : Техника, 1975. 200 с.
2. Froes F. H. Emerging applications for titanium / F. H. Froes, K. Yu // «Ti-2003. Science and technology» Proceedings of the 10<sup>th</sup> World conference on titanium. Gamburg. Germany. 2004. P. 2999–3010.
3. Полькин И. С. Применение титана в различных отраслях промышленности / И. С. Полькин // Материалы международной конференции «Ti-2006 в СНГ». Суздаль, 2006. С. 26–31.
4. Tomoyuki Kaya. Recent developments in Research, production and application of titanium in Japan / Kaya Tomoyuki // «Ti-2007. Science and technology» Proceedings of the 11<sup>th</sup> World conference on titanium. Kyoto. Japan. 2007. P. 49–56.
5. Wang Hao. Overview and prospect of the world titanium emerging applications market / Hao Wang // «Ti-2011. Science and technology». Proceedings of the 12<sup>th</sup> World conference on titanium. Beijing. China. 2011. P. 2227–2231.
6. Niinomi Mitsuo Recent trends in titanium research and development in Japan / Mitsuo Niinomi // «Ti-2011. Science and technology» Proceedings of the 12<sup>th</sup> World conference on titanium. Beijing. China. 2011. P. 30–37.
7. Niinomi Mitsuo, Kazuo Kagami. Recent topics of titanium research and development in Japan / Mitsuo Niinomi, Kazuo Kagami // «Ti-2015. Science and technology». Proceedings of the 13<sup>th</sup> World conference on titanium. San Diego. USA. 2016. P. 27–40.
8. Колачев Б. А. Технология термической обработки цветных металлов и сплавов: учебное пособие / Б. А. Колачев, Р. М. Габидулин, Ю. В. Пигузов. Москва : Металлургия, 1980. 280 с.
9. Музей в Бильбао. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
10. Pelauo A., Cano P., Vaquero M. A cleaning method for aged architectural titanium / A. Pelauo, P. Cano, M. Vaquero // «Ti-2003. Science and technology» Proceedings of the 10<sup>th</sup> World conference on titanium. Gamburg. Germany. 2004. P. 3111–3116.
11. Александров А. В. Состояние и развитие рынка титана в регионе СНГ / А. В. Александров // Материалы международной конференции «Ti-2006 в СНГ». Суздаль, 2006. С. 7–12.